Untersuchungen zur Erzeugung gedämpfter Zentimeterwellen und Durchlässigkeitsmessungen.

Inaugural-Dissertation

zur

Erlangung der Doktorwürde

einer

Hohen Naturwissenschaftlichen Fakultät

der

Friedrich-Alexanders-Universität Erlangen

vorgelegt von

HEINRICH VOLL

aus München.

Tag der mündlichen Prüfung:
19. Dezember 1933

1937
Buchdruckerei C. F. Rode & Sohn, Halle-Saale.

1937/319

Untersuchungen zur Erzeugung gedämpfter Zentimeterwellen und Durchlässigkeitsmessungen.

Inaugural-Dissertation

zur

Erlangung der Doktorwürde

einer

Hohen Naturwissenschaftlichen Fakultät

der

Friedrich-Alexanders-Universität Erlangen

vorgelegt von

HEINRICH VOLL

aus München.

Tag der mündlichen Prüfung:
19. Dezember 1933

1937
Buchdruckerei C. F. Rode & Sohn, Halle-Saale.

R. UNIV.
BIBLIOTHEEK
LEIDEN

Dekan: Universitätsprofessor D. J. Schwemmle.
Referent: Universitätsprofessor Dr. B. Gudden.
Korreferent: Universitätsprofessor Dr. H. G. Müller.

Inhaltsübersicht.

I. Einleitung.

II. Experimenteller Teil.

A. Untersuchungen zum Oszillatorbetrieb.
1. Sender und Empfänger.
2. Oszillatoranregung mit Löschfunkensender und Lichtbogenschwingungen.

B. Wellenlängenmessungen.
1. Drahtwellen.
2. Detektorabstimmung.
3. Stehende Wellen und Interferometer.

C. Untersuchungen zur Verbesserung der Sende- und Empfangsverhältnisse.
1. Untersuchungen am Oszillator und Detektorresonator.
2. Versuche mit Hohlspiegeln und Linsen.

D. Durchlässigkeitsmessungen.
1. Theoretischer Teil.
2. Meßapparatur.
3. Ergebnisse.

III. Zusammenfassung.

Einleitung.

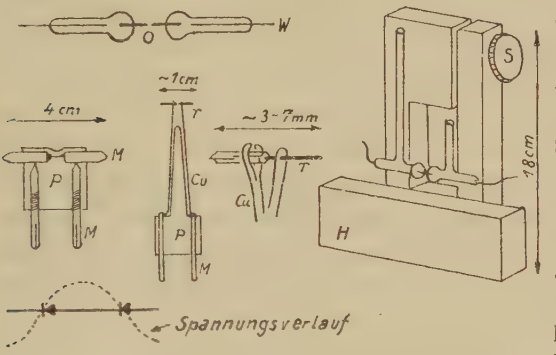
Die vorliegenden Messungen hatten den Zweck den Anregungsmechanismus gedämpfter Zentimeterwellen zu untersuchen und mittels geeigneter Apparatur Absorptionsmessungen damit durchzuführen. Als Sender diente ein Hertz'scher Oszillator nach Möbius (1) und als Empfänger ein Detektorresonator. Das verwendete Galvanometer hatte eine Empfindlichkeit von 2.10^{-8} Amp./mm (der Galvanometerwiderstand betrug 100 Ω, der Detektorwiderstand 3000—5000 Ω, in der Sperrichtung 6000—8000 Ω) und es ergaben sich damit über 50 cm Ausschlag bei einer Skalenentfernung von drei Metern und einem Detektorabstand vom Oszillator von 60 cm. Ein Vergleich mit den Arbeiten von W. Hasselbeck (2) und H. Dänzer (3) ergab, daß der Detektor dem Bolometer oder Thermoelement an Empfindlichkeit nicht nachsteht, aber viel leichter anzuwenden ist. Für die Oszillatoranregung lag folgender Gedanke zu Grunde: Die Zeit für den Anregungsstoß sollte klein gegenüber der Schwingungsdauer des Systems sein. Dies erfordert bei einer Eigenwelle des Senders von 3 cm eine Stoßzeit von etwa 10^{-11} Sekunden. Doch hätte sich eine Apparatur für elektrische Vorgänge, die in so kurzen Zeiten ablaufen und bis jetzt nur bei Wanderwellen (4) beobachtet worden sind, als zu umfangreich erwiesen. Es wurde daher der allgemein übliche Weg gegangen und zunächst versucht, die vom Schwingkreis aufgenommene Leistung möglichst groß zu machen. Diese ist gegeben durch eine für den linearen Oszillator noch anwendbare Formel: $L = n\ C\ V^2/2$, wobei n die Funkenzahl/Sekunde, V die Spannung und C die Kapazität ist.

Die Bestimmung der Wellenlänge geschah nach bekannten Methoden. Dabei gelang es im Gegensatz zu Möbius (1) und F. Nichols und D. Tear (5) nur dann die Grundwellenlänge zu messen, wenn der Detektor abgestimmt war. Dieses Ergebnis, das auch W. Hasselbeck bei seinen Versuchen erhielt, erschwerte den Bau brauchbarer Detektoren für Wellenlängen unter einem Zentimeter.

A. Untersuchungen zum Oszillatorbetrieb.

1. Sender und Empfänger.

Aus Abb. 1 ist die Größe und Bauweise der verwendeten Oszillatoren und Detektoren zu ersehen. Die Glasröhrchen mit den eingeschmolzenen Dipolhälften waren mit weißem Siegellack in der angedeuteten Weise auf den Holzhalter gekittet. Das



O Oszillatorstäbchen 0,5—1 mm stark (aus Wolfram)
W Wolframdraht 0,5 mm stark
S Stellschraube
H Oszillatorhalter aus Eichenholz
M Messing
Cu Kupferfeder
T Tantalstreifen oder Silberdraht
K Silizium-Kristall
P Hartgummi

Abb. 1

Ganze stand beim Betrieb in einem mit Petroleum gefüllten Behälter. Die Gesamtlänge der benützten Resonatoren lag zwischen 5 und 20 Millimeter. Bei den kleinsten Resonatoren bildete ein länglicher Siliziumsplitter zugleich die eine Dipolhälfte. Auf diese Weise gelang es Detektoren mit einer Gesamtdipollänge von 3 mm herzustellen.

2. Oszillatoranregung mit Löschfunkensender und Lichtbogenschwingungen.

Zunächst wurde zur Anregung ein mit Quecksilberunterbrecher betriebener Induktor verwendet. Bei den Messungen befand sich vor dem Detektor ein 15×15 cm² großes Gitter, das aus 0,1 mm dicken Kupferdrähten in 1 mm Abstand aufgebaut war. Es wurde einmal so aufgestellt, daß die Drähte parallel und dann so, daß sie senkrecht zu den Dipolstäbchen verliefen. Der um das Gitter herum gebeugte Anteil der Strahlung ist nicht weiter berücksichtigt worden, weil es nur auf Vergleichsmessungen ankam. Dieselbe Wirkung ergab sich, wenn der Detektordipol senkrecht, bezw. parallel zum Senderdipol stand. Abb. 2 zeigt die Ergebnisse zweier Messungen.

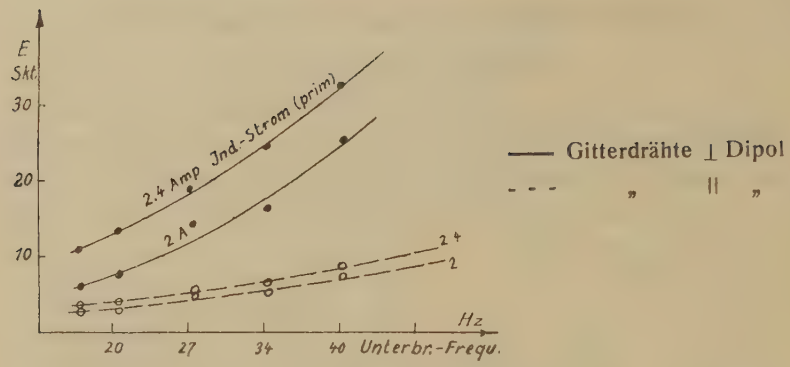


Abb. 2

Vom Löschfunkensender wurden wegen der bedeutend höheren Frequenz viel bessere Anregungsbedingungen erwartet. Da sich zunächst zu kleine Ausgangsspannungen ergaben, wurde ein Teslatransformator vor den Oszillator geschaltet. Es zeigte sich aber bei einem Orientierungsversuch, der das Vorhandensein kurzer Wellen durch deren gute Reflektierbarkeit nachweisen sollte, daß der größte Teil der vom Detektor aufgenommenen Strahlung aus einer langwelligen Störung bestand. Um diese zu beseitigen, wurde die ganze Apparatur in einem großen Blechkasten untergebracht und sämtliche Leitungen abgeschirmt. Hierdurch ging die Störstrahlung um 40% zurück. Weil aber der reflektierte Anteil nicht einmal die Hälfte der Gesamtstrahlung ausmachte und die vollständige Entstörung, wenn sie überhaupt gelang, zu großen Aufwand erforderte, wurde diese Anordnung aufgegeben.

Die bisherigen Versuche bestätigten die in der Einleitung erwähnte Aussage über die Anregungsfrequenz und es wurde daher schließlich eine Lichtbogenlampe nach F. Skaupy (6) zur Anregung benützt. Die Anordnung arbeitet so, daß der Bimetallstreifen B (Abb. 3) durch die stromdurchflossene Spirale S erwärmt wird, die Elektroden E E auseinanderzieht und die Kathode mit dem Schwingkreis verbindet.

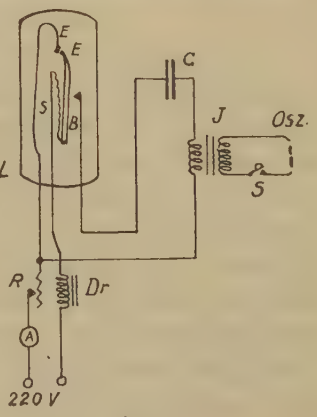


Abb. 3

Die folgenden Messungen, von denen nur einige hiervon vermerkt sind, wurden durchgeführt, um einen vollständigen Ueberblick über die Zusammenhänge von Betriebsstrom, Schwingstrom, Frequenz, Spannungen am Oszillator und abgegebene Leistung zu erhalten. Zunächst interessierte die Abhängigkeit der Frequenz von der Kapazität C im Schwingkreis K. Um sie zu erhalten wurde dem Oszillator ein Gehrcke-Glimmrohr parallel geschaltet und darüber eine mit 50 Per. Wechselstrom betriebene Glimmlampe aufgestellt. Durch Vergleich der Bildanzahlen im Drehspiegel ergab sich die Frequenz. Gleichzeitig ließ sich auch die Form des Wechselspannungsverlaufes feststellen. Mit diesem Ergebnis konnten alle jene Kurven, die eine Abhängigkeit von der Kapazität zeigten, so umgezeichnet werden, daß sie frequenzabhängig wurden. Die Ergebnisse sind in Abb. 4 dargestellt.

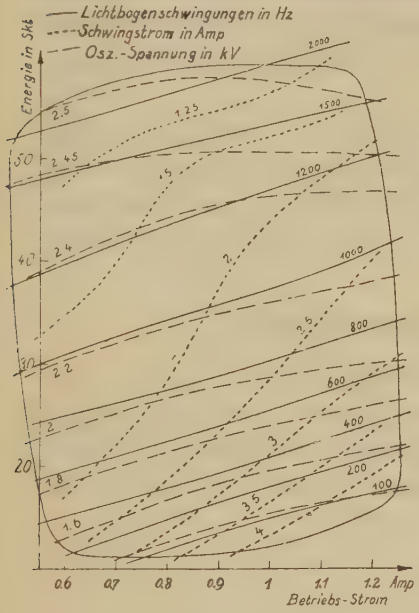


Abb. 4

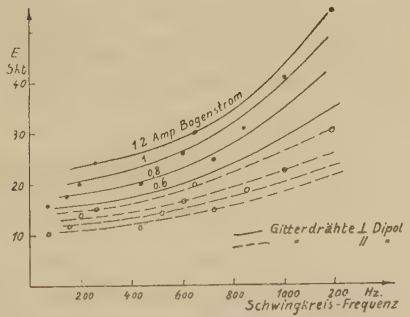


Abb. 5

Nach diesen Voruntersuchungen wurde die vom Oszillator abgestrahlte Leistung in Abhängigkeit verschiedener Größen gemessen. Abb. 5 zeigt z. B. die Abhängigkeit in Skalenteilen von der Frequenz bei Betriebsstromstärken von 0,6 Amp. und 1,2 Amp.. Auch hier wurde die abgestrahlte Leistung in zweifacher Weise, wie einleitend unter A 2 dargelegt ist, untersucht.

Abb. 4 zeigt, wie schon erwähnt, alle gewonnenen Resultate vereinigt. Das Gebiet stabiler Verhältnisse ist in diesem Diagramm besonders umgrenzt. Außerhalb dieses Gebietes setzten die Schwingungen aus, oder die Lampe erlosch. Man erkennt die Leistungsvergrößerung mit Frequenz- und Spannungserhöhung und die Veränderungen, die der Schwingstrom hierbei erfährt. Bei konstanter Kapazität im Schwingkreis erhielt man durch Verkleinerung des Betriebsstromes von 1,2 Amp. auf 0,6 Amp. einen Heulton über etwa eine Oktave. Die verwendeten Kondensatoren hatten schlecht gepackte Belege, die hörbare mechanische Schwingungen ausführten. Diese Kondensatoren wurden trotzdem beibehalten, weil sie eine gute Hörkontrolle über Frequenzänderungen bei Netzschwankungen ermöglichten. Die Abb. 4 zeigt auch, daß mit hohem Betriebsstrom und niederer Frequenz (hoher Schwingstrom) dieselbe Leistungsabgabe vom Oszillator zu erhalten ist, wie mit niederem Betriebsstrom und hoher Frequenz (kleiner Schwingstrom).

Zu bemerken ist noch, daß die ganze Anordnung fast ohne Störung arbeitete. Diese hat höchstens 5% der Gesamtstrahlung betragen und konnte später durch Einbau der ganzen Apparatur in den schon erwähnten Blechkasten noch weiter erniedrigt werden.

B. Wellenlängenmessungen.

1. Drahtwellen.

Die Ankopplung an das Lechersystem mußte äußerst lose gewählt werden, und selbst dann ergaben sich neben der Grundwelle noch stark ausgeprägte lange Wellen (Abb. 6). Die erwartete Wellenlänge betrug etwa 4 cm.

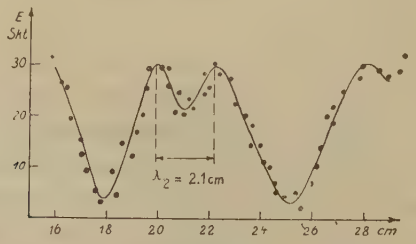


Abb. 6

2. Detektorabstimmung.

Der Resonator wurde durch Verändern der Dipollänge auf die ankommende Welle abgestimmt. Wegen der Empfindlichkeit der Detektoren konnte aber nach dieser Methode kein befriedigendes Ergebnis erzielt werden. Außerdem zeigte sich, wie schon in der Einleitung bemerkt, daß die Grundwellenlänge des Oszillators nur mit abgestimmtem Detektor zu erhalten war. Aufgenommene Kurven ergaben, daß der Detektor je nach seiner Länge in folgenden Wellenlänge schwingt:
Wellenlänge = $^1/_2$ (Reson.-Länge × Wellenlänge des Oszillators)*).
Dabei ist unter Wellenlänge des Oszillators ungefähr die doppelte Gesamt-Oszillator-Länge zu verstehen.

3. Stehende Wellen und Interferometer.

Versuche mit durch Reflexion erzeugten stehenden Wellen und abgestimmten Detektoren ergaben die erwarteten Wellenlängen, wie Abb. 7, Abb. 8 und Abb. 9 zeigen.

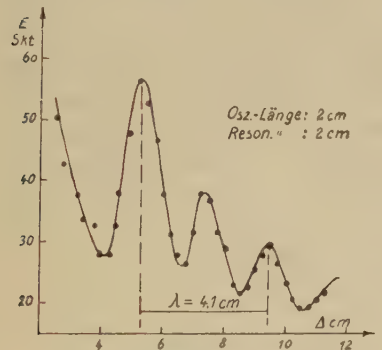


Abb. 7

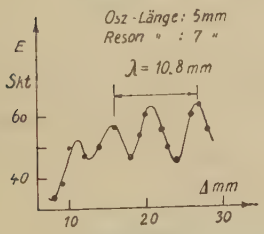


Abb. 9

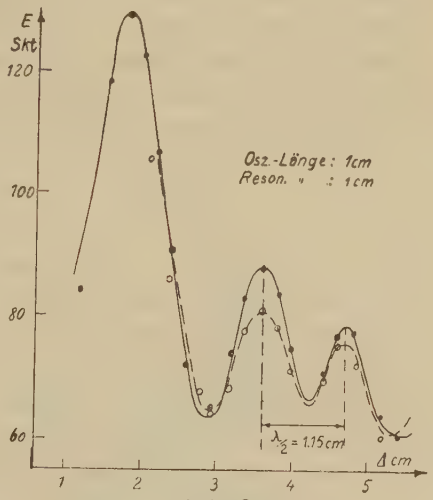


Abb. 8

Für die Messungen mit dem Interferometer, das aus zwei polierten Messingplatten von je 10 × 16 cm² Größe und 0,5 cm

*) Nach freundlicher Mitteilung von Herrn Prof. Dr. H. G. Möller.

Dicke bestand, sei vorweg auf die Abbildungen 14 bis 18 verwiesen. Die Messungen gelangen am schönsten mit Interferometer, wenn der Strahl durch Linsen oder Hohlspiegel gebündelt war. Ohne Bündelung war die Methode mit stehenden Wellen am besten zur Wellenlängenmessung geeignet.

C. Untersuchungen zur Verbesserung der Sende- und Empfangsverhältnisse.

1. Untersuchungen am Oszillator und Detektorresonator.

Bei den bis jetzt verwendeten Oszillatoren wurde der Strom in Richtung der Dipolstäbchen herangeführt. Um den Senderaufbau zu verkleinern ist versucht worden, den Strom in der Aequatorebene des Dipols an die Stäbchen heran zu bringen. Aber die aufgenommenen Kurven zeigten keinen schönen und vor allem keinen reproduzierbaren Verlauf. Erklärlich ist das aus der Energieverteilung eines strahlenden Dipols. Es wurde deswegen wieder auf die letzte Anordnung zurückgegriffen und die aus Glasröhrchen hergestellten Dipolhalter oben offen gelassen, weil F. Nichols und D. Tear (5) nachgewiesen hatten, daß der Wirkungsgrad verschlechtert wird, wenn die Stromzuführungsfunken in verdünnter Luft überschlagen. Eine wesentliche Verbesserung konnte aber hierdurch nicht festgestellt werden. Doch

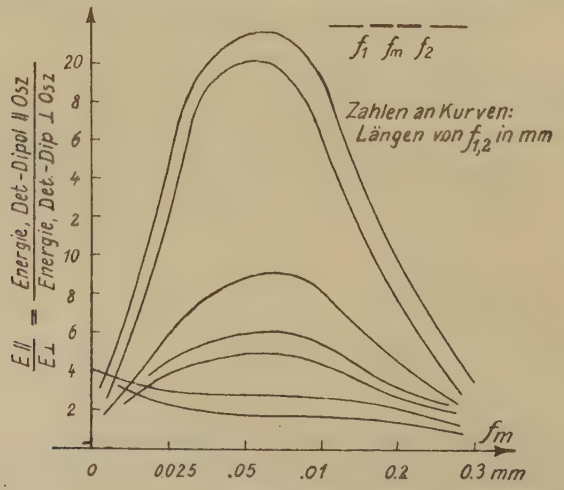


Abb. 10

wurden diese Röhrchen, wie sie Abb. 1 am Halter zeigt, beibehalten, weil sie auch leichter herzustellen waren. Von größerer Wichtigkeit war eine Untersuchung über die günstigste Länge der Funkenstrecken f_1, f_2 und f_m. (Abb. 10). Die Länge der beiden äußeren Funkenstrecken bestimmt die kapazitive Ankopplung der Zuleitungen an das Schwingsystem und die mittlere Erregerfunkenstrecke dessen Löschwirkung und Dämpfung. Abbildung 10 zeigt das Meßergebnis. Die Absolutwerte der Messung waren für kleine äußere Funkenstrecken (0,2 mm) drei bis vier mal höher, als für größere (5 mm).

Damit der Sender möglichst gut arbeitete, war es notwendig ihn nur kurzzeitig einzuschalten. Durch die Erwärmung bei einem Betrieb von 50 Sekunden Dauer sank z. B. die Leistung um etwa 50%. Ein weiterer Uebelstand war, daß die Frequenz der Lichtbogenschwingungen erst ein bis zwei Sekunden nach dem Einschalten einen konstanten Wert erreichte. Durch Umschalten vom Induktor auf eine Drosselspule mittels Fernschalter (Abb. 11) wurde diese Frequenzänderung vermieden und auch ein beliebig kurzzeitiges Einschalten ermöglicht.

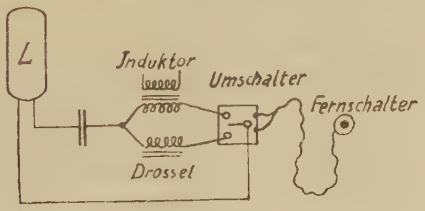


Abb. 11

Eine Verbesserung am Detektor wurde durch eine Konstruktion nach Art der Vollweg-Gleichrichter versucht. (Abb. 1). Die von ihm gelieferte Leistung war zwar bedeutend größer als mit einfachem Detektor, aber das Einstellen zweier Gleichrichterelemente verursachte so große Schwierigkeiten, daß mit diesem Empfänger nicht weiter gearbeitet werden konnte.

2. Versuche mit Hohlspiegeln und Linsen.

Um die Empfangsverhältnisse zu verbessern, blieb nur der Weg, die Strahlung mit Hohlspiegeln oder Linsen zu bündeln. Hohlspiegel beeinflussen aber die Wellenlänge, wie W. Hasselbeck (2) in seiner Arbeit erwähnt. Daher wurden nach einigen

Versuchen mit Hohlspiegeln Paraffinlinsen und, um die Anwesenheit von Metallen möglichst zu vermeiden, für den Sender ein Petroleumtrog aus Hartgummi verwendet. Der Durchmesser der Linsen betrug 20 cm, ihre Brennweite 19 cm. Als Linsenhalter dienten quadratische Blechtafeln von 40 bis 50 cm Seitenlänge. Bei dem durch Abb. 12 dargestellten Versuch, war der Detektor 1 Meter vom Oszillator entfernt.

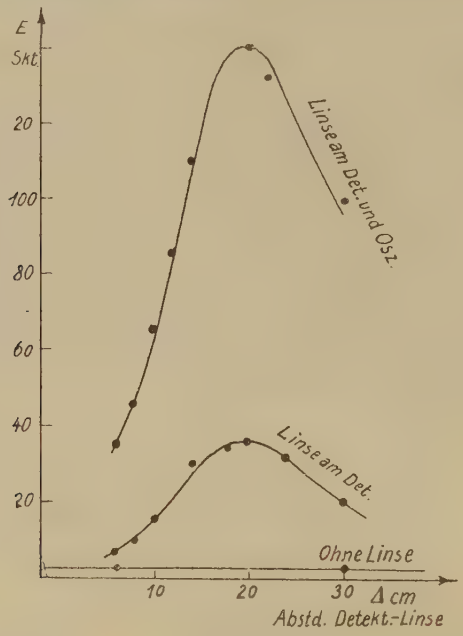


Abb. 12

D. Durchlässigkeitsmessungen.

1. Theoretischer Teil.

Bezeichnet man die auf einen Körper senkrecht auffallende Energie mit J_0, den reflektierten, absorbierten und durchgelassenen Anteil mit J_R, J_A und J_D, so besteht die Beziehung, wenn man mit J_0 dividiert, in leicht verständlicher Bezeichnung:

1) $$1 = R + A + D$$

Die Absorptionskonstante h ist dann durch folgenden Ausdruck definiert (d = Schichtdicke des Mediums):

2) $$D = e^{-hd}$$

Werden mehrere Schichtdicken verschiedener Medien hintereinander von der Strahlung durchlaufen, so wird die Gesamtdurchlässigkeit D_G:

3) $$D_G = D_1 \cdot D_2 \cdot D_3 \cdots$$

Für die Untersuchung von Flüssigkeiten ergibt sich hieraus ein einfacher Weg zur Elimination der Trogabsorption, wenn man die Durchlässigkeit von mindestens zwei verschiedenen Schichtdicken im selben Trog untersucht. Es seien z. B. angenommen die Durchlässigkeiten D_T für den Trog und D_d für die Flüssigkeit der Schichtdicke d. Die Gesamtdurchlässigkeit ist dann:

4) $$D_1 = D_T \cdot D_d$$

Eine zweite Messung ergebe für eine a-fache Schichtdicke derselben Flüssigkeit:

5) $$D_2 = D_T \cdot D_d^{\,a}$$

Aus diesen beiden Gleichungen erhält man mit den einleitend erwähnten Größen:

6) $$D_d = \sqrt[a-1]{J_{D2}/J_{D1}}$$

Bei Flüssigkeiten kann man zudem leicht erreichen, daß $a = 2$ und man erhält dann einen besonders einfachen Ausdruck.

Die letzte Gleichung besagt aber:

1. Alles was am und im Trogboden geschieht, ist für das Ergebnis belanglos.
2. Es ist nicht einmal notwendig die einfallende Energie zu kennen.

Dieses Ergebnis läßt sich natürlich auch auf feste Körper anwenden. Für diese und angenähert auch für Flüssigkeiten (bei Vernachlässigung der Reflexion in der Grenzschicht Trog-Flüssigkeit) ergibt sich hieraus sogar die Möglichkeit die reflektierte Energie R zu berechnen, wenn man folgende Größen festgestellt hat:

1. Die auf den Körper auftreffende und die hindurchgegangene Energie.
2. Das Verhältnis dieser beiden Energien C.
3. Die nach 6) berechnete Durchlässigkeit.

Man erhält dann die reflektierte Energie:

7) $$R = 1 - C/D$$

Mit Hilfe von R und h kann man auch den Brechungsindex n, die Dielelektrizitätskonstante ε und die Leitfähigkeit σ mit der bekannten Schwingungsdauer T der verwendeten Strahlung nach folgenden Beziehungen berechnen:

8) $$R = ((n-1)^2 + k^2) : ((n+1)^2 + k^2)$$

$$R = 1 - 2\sqrt{\sigma T}$$

Hierbei ist: $h = 4\pi k/\lambda$; $k = n\varkappa$

h = Absorptions — konstante
k = „ — koeffizient
$\varkappa$ = „ — index

Schließlich bleibt für die letzte Gleichung zu bemerken, daß n^2 stets größer als k^2 sein muß, weil noch die Beziehung besteht

9) $$\varepsilon = n^2 - k^2$$

Wegen der Bedenken, daß die entwickelten Formeln nicht gelten könnten, weil die im folgenden untersuchten Schichtdicken kleiner als die benützte Wellenlänge waren, sei auf ähnliche Messungen verwiesen.*)

2. Meßapparatur.

Für die Durchlässigkeitsmessungen ist eine Apparatur nach Abb. 13 aufgebaut worden. Der Oszillator O und der Detektor

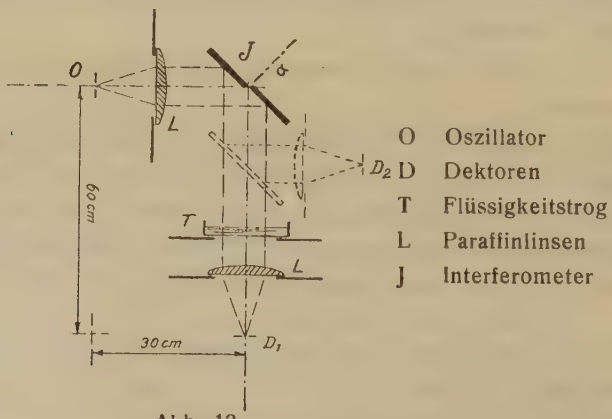


Abb. 13

*) Möbius (1); D. Tear: Phys. Rev. 21. 612. 1923; S. Tolksdorf: Zs. f. Phys. Chemie 132 181 1928.

D_1 standen senkrecht zur Papierebene. Wurde der Detektor um 90^0 um die vertikale Achse gedreht (so daß er eine Lage einnahm wie in der Zeichnung) so nahm er keine Strahlung mehr auf. Auch das Interferometer war um 90^0 um die Achse a gedreht. Alle anderen zum Betrieb des Senders benötigten Apparate befanden sich in einem großen Blechkasten. Der Fernschalter war in der Nähe von D_1.

Die Bestimmung der Durchlässigkeit eines Körpers erfolgte nun in drei Schritten:

1. Festlegung von etwa 15 Meßpunkten bei verschiedenen Interferometereinstellungen ohne Zwischenkörper.*)
2. Dasselbe mit Zwischenkörper.
3. Meßreihe wie unter 1.

In den meisten Fällen war der Unterschied zwischen der ersten und der dritten Meßreihe nur 1% — 3%. Aus diesem Grunde ist vom Einbau eines weiteren Detektors (bei D_2 in Abb. 13 und Glasplatte G), wobei einfallende und durchgelassene Strahlung zur selben Zeit hätten bestimmt werden können, abgesehen worden.

Die Meßreihen 1 und 3 ergaben dann gemittelt eine Kurve der einfallenden und die Meßreihe 2 eine Kurve der durchgelassenen Strahlung. Diese ganze Messung wurde nun für zwei oder mehrere Schichtdicken des untersuchten Körpers durchgeführt und die zur Berechnung verwendeten Größen aus den danach gezeichneten Kurven entnommen.

3. Ergebnisse.

Untersucht wurden:

a) Pertinax-Platten von 0,3 mm, 1 mm und 5 mm Dicke. Abb. 14.
b) Eine Glasplatte von 2,5 mm und eine zweite von 3 mm Dicke, sowie eine 10 mm starke Paraffinplatte. Abb. 15/16.
c) Handelsübliches Petroleum in Schichtdicken von 4 mm, 8 mm und 16 mm. Abb. 17.
d) Wasser von 5 mm und 3 mm Schichtdicke. Abb. 18.

*) Die Durchführung der Messungen mit Interferometer diente zur Sicherstellung der Wellenlänge.

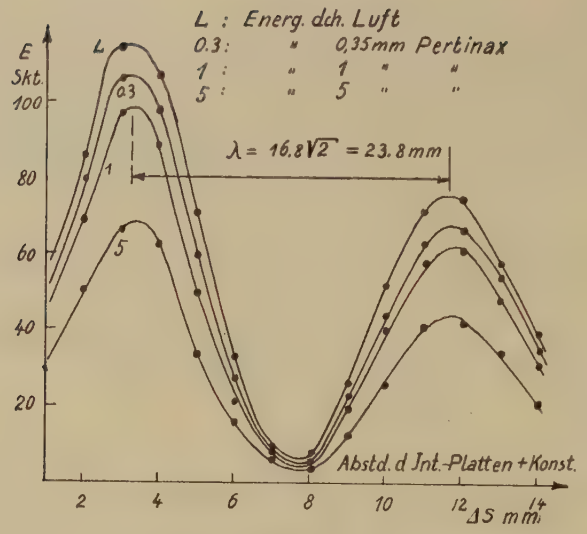

L : Energ. dch. Luft
0.3: " 0,35mm Pertinax
1 : " 1 " "
5 : " 5 " "
E Skt.
100
80
60
40
20
L
03
1
5
λ = 16.8√2 = 23.8mm
Abstd. d Int.-Platten + Konst.
2
4
6
8
10
12
14
ΔS mm

Abb. 14

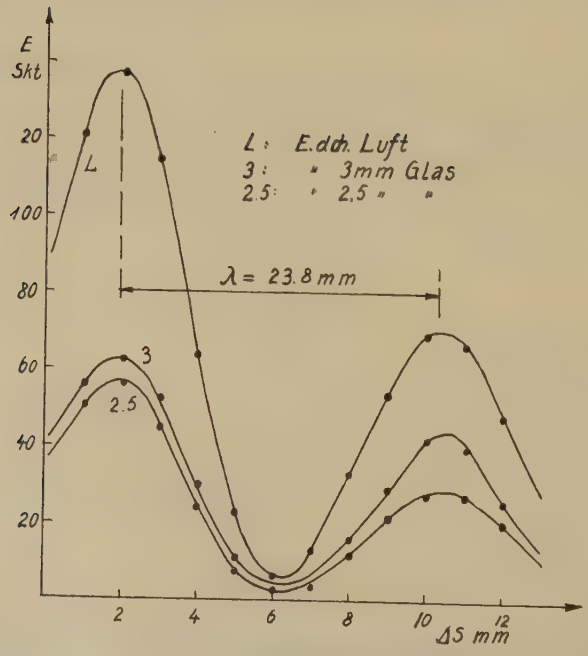

E Skt
20
100
80
60
40
20
L : E.dch. Luft
3 : " 3mm Glas
2.5 : " 2,5 " "
L
λ = 23.8 mm
3
2.5
2
4
6
8
10
12
ΔS mm

Abb. 15

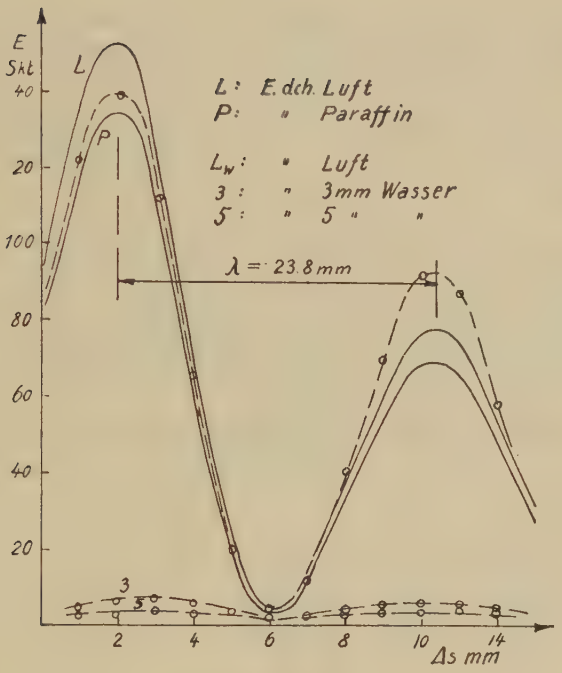


Abb. 16 und 18

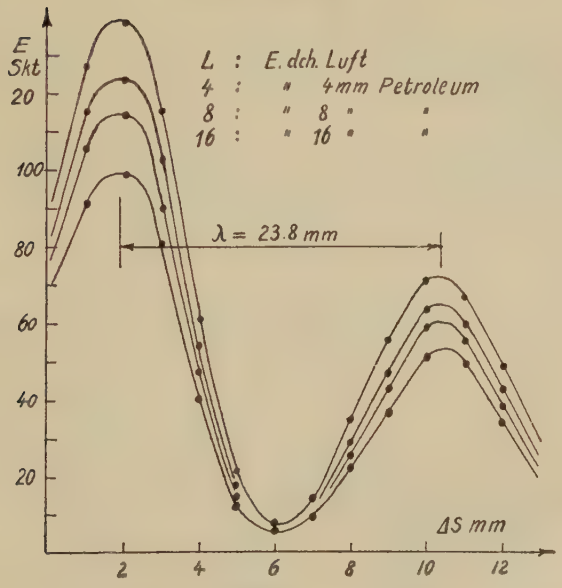


Abb. 17

Für verschiedene Interferometereinstellungen wurden nun aus den Kurven zusammengehörige Werte herausgenommen und aus den durch die einzelnen Schichtdicken ein und desselben Körpers hindurchgegangenen Energien der Quotient gebildet. In den Spalten I der unten folgenden Tabelle sind in leicht verständlicher Weise diese Quotienten bezeichnet. Es bedeutet z. B.:

5/1 = (Energie durch 5 mm-Platte): (Energie durch 0,3 mm Platte)
8/L = (Energie durch 8 mm Schicht): (Energie durch Luft)

Die Spalten II stellen die mit 100 multiplizierten, aus mehreren Interferometereinstellungen gemittelten Werte dieser Quotienten dar.

Tabelle.

Zeile	Pertinax		Petroleum		Wasser	
	I	II	I	II	I	II
1	5/0,3	63	8/4	93		
2	5/1	69	16/8	86		
3	1/0,3	90	16/4	79	5/3	20
4	0,3/L	92	4/L	89	3/L	3,4
5	1/L	83	8/L	83	5/L	0,74
6	5/L	58	16/L	71		

Im einzelnen wurden dann berechnet:

1. Pertinax.

1. Durchlässigkeiten.

Aus Zeile 1 der Tabelle: D (0,35) = 0,97
„ 3 „ D (0,35) = 0,95
„ 2 „ D (1) = 0,91

Ferner wurden berechnet:

Aus dem Wert für die 0,35 mm-Platte: D (5) = 0,63
„ 1 „ D (5) = 0,61
„ 0,35 „ D (1) = 0,91
„ 5 „ D (10) = 0,38
„ 0,35 „ D (10) = 0,42

2. Die reflektierte Energie betrug dann nach Gleichung 7):

R = 0,04 (aus 1 — 92/95)
R = 0,03 (aus 1 — 92/97)
R = 0,05 (aus 1 — 83/91)

3. Für die Absorptionskonstante erhält man nach Gleichung 2):
   $h = 0{,}9$ (aus D (1))
   $h = 1{,}2$ (aus D (0,35))
4. Aus Gleichung 8) ergibt sich mit R = 0,03 für den Brechungsindex der Wert:
   $n = 1{,}4$
5. Und hieraus folgt für die Dielektrizitätskonstante:
   $\varepsilon = 2$

Das Ergebnis steht gut im Einklang mit bekannten Werten. Die so verschiedenen R-Werte sind so zu erklären, daß die Plattenoberflächen durch die in der Fabrik hergestellte Politur bei den dünnen Platten mehr für die Absorption verantwortlich zu machen sind, als bei der stärkeren Platte.

b) Glas und Paraffin.

Wie die Kurven der Abb. 15 zeigen, waren die beiden Glastafeln nicht vom selben Material. Für Paraffin stand nur eine Platte von 10 mm Stärke zur Verfügung. Wegen der Ergebnisse sei daher auf die Zusammenstellung am Schluß dieses Abschnittes verwiesen.

c) Petroleum.

Das Petroleum befand sich in einem kreisrunden Trog von 23 cm Durchmesser, dessen Boden aus 1 mm starkem Pertinax bestand. Da sich die Schichtdicken wie 1 : 2 : 4 verhielten, wurden besonders gute Werte erhalten. Sie sind im folgenden nur für die Durchlässigkeiten besonders aufgestellt und die daraus berechneten übrigen Ergebnisse in der Tabelle am Schluß vermerkt.

Durchlässigkeiten:

Aus Zeile 1 der Tabelle: D (4) = 0,93
„ 3 „ D (4) = 0,93
„ 2 „ D (8) = 0,86

Hieraus wurden berechnet:

Aus dem Wert der 8 mm-Schicht: D (16) = 0,74
„ 4 „ D (16) = 0,74
„ 4 „ D (8) = 0,86
„ 8 „ D (10) = 0,83
„ 4 „ D (10) = 0,83

d) Wasser.

Die Ergebnisse dieser nur orientierenden Messung sind bis auf die Absorptionskonstante, die zu klein ausgefallen ist, zufriedenstellend. Als Durchlässigkeiten ergaben sich:

Aus der 3. Zeile der Tabelle: D (3) = 0.09.
Hieraus wurde berechnet: D (5) = 0,019
D (10) = 0,036.

Zum Schluß seien sämtliche Ergebnisse dieses Abschnittes noch einmal in einer Tabelle zusammengestellt:

Tabelle.

	Durchlässigkeit für 1 cm Schichtdicke in %	Abs.-konstante	Reflexion in %	Brechgs.-Index	Dielektr. Konstante
	D	h	R	n	ε
Pertinax	40	1	3,5	1,4	2
Glas	6,3 8,3	2,3 2,1	17	(2,45)	(6)
Paraffin	92	0,09	4	(1,52)	(2,3)
Petroleum	83	0,18	4	1,46	2,1
Wasser dest.	0,036	8	62	8,4	67

Die eingeklammerten Werte sind aus Tabellen entnommen.

Zusammenfassung.

1. Zur Erzeugung gedämpfter Wellen von 1 — 4 cm sind mehrere Apparaturen auf Eignung untersucht worden. In Bezug auf Sendeleistung und Störfreiheit erwies sich hierbei die mit Lichtbogenschwingungen arbeitende Anordnung am besten. Als Empfänger wurden Kontaktdetektoren verwendet.
2. Wellenlängenmessungen nach üblichen Methoden ergaben nur bei abgestimmten Resonatoren die erwartete Grundwellenlänge.
3. Die Länge der Funkenstrecken am Oszillator war bestimmend für die Leistungsabgabe und das saubere Arbeiten desselben. Durch die Bündelung der Strahlung mittels Paraffinlinsen, die besser als Hohlspiegel wirkten, konnte eine beträchtliche Verbesserung der Empfangsverhältnisse erreicht werden.
4. Die an einigen festen und flüssigen Körpern vorgenommenen Durchlässigkeitsmessungen brachten mit der entwickelten Meßanordnung ziemlich gute Ergebnisse.

Schrifttum.

(1) W. Möbius: Ann. d. Ph. 62, 293, 1920.
(2) W. Hasselbeck: Ann. d. Ph. 12, 477, 1932.
(3) H. Dänzer: Ann. d. Ph. 2, 27, 1929.
(4) W. Fuchs: Arch. f. El. 25, 847, 1931.
(5) E. F. Nichols u. J. D. Tear: Phys. Rev. 21, 587, 1923.
(6) F. Skaupy: Zs. f. t. Ph. 6, 107, 1925.

Lebenslauf.

Ich bin am 3. November 1902 als Sohn des Kriminal-Oberkommissärs Kaspar Voll und dessen Ehefrau Maria Voll, geb. Mai, in München geboren und besitze die deutsche Staatsangehörigkeit. Zunächst besuchte ich in München vier Jahre die Volksschule und anschließend neun Jahre die Luitpold-Kreis-Oberrealschule dortselbst, wo ich im April 1923 die Reifeprüfung ablegte. Hierauf studierte ich an der Universität und der Technischen Hochschule in München Mathematik und Physik. Im physikalischen Institut der Universität Erlangen führte ich auf Anregung und unter Leitung des Privatdozenten Dr. K. Kohl vorliegende Messungen aus und bestand im Dezember 1933 vor der mathematisch-naturwissenschaftlichen Fakultät das Promotionsexamen.